

PA13)

기상 조건에 따른 대기 중 PCDDs/Fs 변화에 관한 연구

Variations of PCDDs/Fs in Ambient Air According to Meteorological Conditions

최용석 · 정종흡 · 박찬구 · 윤중섭 · 신정식 · 김민영
서울시보건환경연구원 대기부 환경연구개발팀

1. 서 론

다이옥신류(Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins(PCDDs) and polychlorinated dibenzofurans (PCDFs))의 주된 발생원은 소각에 의한 것으로 알려져 있다. 대기 중에 유출된 PCDDs/Fs는 주로 입자에 흡착되어 존재하고, 강하분진 혹은 강우시 세정 효과에 의해 대기로부터 제거된다. 또한 대기 중에서 확산되거나 자외선을 받아 광분해 되기도 한다. 따라서 대기 중 유기오염물질은 발생원의 강도 외에도 강수량, 기온, 풍향 및 풍속, UV강도, 습도 등과 같은 기상 조건(meteorological conditions)의 영향을 크게 받는다. 기상조건이 일정하다면 다이옥신을 비롯한 기타 유기오염물질에 대한 관리가 매우 정확하고, 신속하게 이루어질 수 있지만, 많은 기상 조건 변수들이 오염에 대한 예측과 관리를 어렵게 한다. 최근 발표되는 국내 많은 다이옥신 자료에는 이러한 여러 조건 등이 고려되지 않고 일반 대기에서 단발성 다이옥신 결과에 대하여 발표되는 경우가 종종 있다. 대기 중 다이옥신 모니터링의 결과는 이러한 여러 변수들이 고려되고, 종합적인 평가가 필요하다고 생각된다. 그래야만 보다 종합적이고 정확한 다이옥신 관리 대책을 마련할 수 있을 것이다. 이에 본 연구에서는 대기 환경 중 다이옥신의 농도를 강수량, 풍속, 온도 등 여러 가지 기상 변수를 고려하고, 다이옥신의 농도 변화에 대해 조사 연구하였다.

2. 연구 방법

2.1. 시료채취

서울시에 양재동과 구의동에서 Sibata PUF sampler를 이용하여 월 5회 각 24시간동안 시료를 채취하여 다이옥신을 분석하고, 시료채취의 전 후 강우량 및 풍속 등 기상 요소에 대한 조사를 함께 실시하였고, 이들 변수를 고려한 다이옥신의 농도 변화량을 고찰하였다.

2.2. 전처리 및 분석

시료 전처리는 EPA method 1613을 참고 하였고(EPA, 1996), 가스크로마토그래피는 Fisons사의 GC8000 series를 이용하였으며, 컬럼은 SP-2331(60m 0.32mm i.d 0.25 μ m film thickness)를 사용하였다. HRMS는 Micromass사의 VG Autospec Ultima를 사용하여 분해능 10000(10% valley기준)이상에서 SIM(Selected Ion Monitoring)방법으로 정량 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 다이옥신 농도

분석 대상 시료 중 다이옥신 농도를 분석한 결과 PCDD 7종과 PCDF 10종을 총 17종에 대한 전체 농도는 0.409~6.533pg/m³로 많은 편차를 나타냈으며, 평균값은 2.293pg/m³이었다. 17종 이성체중 1,2,3,4,7,8,9 7염화 퓨란을 제외한 7염화 퓨란과 8염화 퓨란, 그리고 7염화 다이옥신과 8염화 다이옥신의 농도가 다른 이성체에 비해 높은 농도를 나타내고 있어, 고염화물이 높은 농도로 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한 퓨란류와 다이옥신류의 비율은 2.3 : 1으로 퓨란류의 농도가 높은 것으로 나타났다. 이들 농도의 I-TEQ(International Toxic equivalent) 환산값은 0.02~0.40pg I-TEQ/m³이었고, 평균 0.13pg I-TEQ/m³이었으며, 2,3,4,7,8-PeCDF가 가장 높은 비율을 차지하였다.

3.2 기상 조건에 따른 대기 중 다이옥신 변화

대기 중 다이옥신 농도는 시료채취 전날의 강우량과 매우 밀접한 관계를 나타내고 있는 것으로 밝혀졌는데, 강우가 발생하기 시작하는 당일 급격하게 다이옥신의 농도 변화가 시작되었고, 그 다음날 채취한 시료에서의 다이옥신 농도는 매우 급격하게 줄어드는 것을 알 수 있었다. 다이옥신은 대기 중에서 대부분 입자에 흡착되어 존재하기 때문에 강우의 세정효과에 의해 대기 중으로부터 제거되는 것으로 알려져 있다(이종범, 2000). 시료채취 기간의 풍속과도 상관성이 있는 것으로 나타났다. 풍속이 3m/sec 이상 대체적으로 강한 바람이 있었던 날에 시료채취를 한 경우 대부분이 0.1pg I-TEQ/m³ 이하로 나타나는 것을 알 수 있었다. 조사대상 시료 중 최고농도인 0.4pg I-TEQ/m³에 가까운 경우, 하루 평균 풍속이 1m/sec에 가까운 것으로 나타나, 풍속이 대기 중 다이옥신 농도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 풍속이 높을수록 대기 중 공기확산이 원활히 이루어져 다이옥신 농도를 감소시키는 역할을 할 것으로 판단된다.

대기 중 다이옥신과 기온과의 관계 에도 상관성이 있는 것으로 나타났다. 기온이 15℃ 이상에서는 다이옥신 TEQ value가 0.2pg I-TEQ/m³ 이하로 나타났고, TEQ value 값이 높은 지점에서 보면 기온이 0~5℃사이에 있음을 알 수 있었다. 기온이 낮으면 대류권의 고도가 낮고, 확산이 감소하며, 공기 정제 발생으로 인해 농도가 높게 나타난 것으로 판단된다(이종범, 2000, Cheng PS, 2003). 또한 기온이 높은 여름엔 UV강도가 강해 2,3,7,8-TCDD와 같은 일부 다이옥신의 광산화가 일어나 여름철 대기 중 다이옥신 농도감소에 다소 영향을 준 것으로 판단된다.

기후 조건과 다이옥신 농도와와의 관계를 통계처리(Multitab ver.13)하여 얻어진 식은 다음과 같다.
regression equation

$$\text{TEQ} = 0.299 - 0.00289 \text{ precipitation} - 0.0431 \text{ wind velocity} \\ - 0.00518 \text{ temp} \quad (r^2 = 0.43, p < 0.05)$$

기온, 풍속과 대기중 다이옥신과의 관계에서 기온($R^2=0.2695$, $p<0.001$)은 풍속($R^2=0.1282$, $p=0.001$)으로 상관적 유의성이 있는 것으로 나타났다. 이식은 각각의 기후 조건이 독립적으로 대기 중 다이옥신 농도에 영향을 준다고 가정하여 만들어진 식으로, 각각의 상관성은 크지 않지만 전체 조건에서 $r^2 = 0.43$, $p<0.05$ 으로 상관성이 있는 것으로 확인되었다. 이 식에서 국지적 기상조건, 풍향, 발생원의 강도, 자외선 강도, 습도 등 몇몇의 요소가 추가 된다면, 상관계수는 높아질 것으로 예상된다. 또한 다이옥신 실측 데이터와 기후 조건, 발생원 등에서의 자료가 어느 정도 축적 되면, 향후 이 경험식을 통해 기후 요소 등만으로 대기 중 다이옥신 농도를 추측할 수 있을 것으로 전망된다

참 고 문 헌

1. U.S. EPA method 1613 (1996) Tetra Through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS, Reversion B.
2. Cheng PS, Chen SY, Ling YC (2003) Nationwide PCDD/Fs levels in ambient air, vegetation and soil in the vicinity of 19 MSWIs in Taiwan, Dioxin 2003, 61, 522-525.
3. Muller JF, Bartkow M, Burniston D and Sumons RK (2003) Atmospheric concentration of PCDD/Fs and PCBs in air from Brisbane, Australia, Dioxin, 61, 470-473.
4. 이종범 (2000) 대기오염기상학, 신평문화사, 25-75.
5. Koester CJ, Kites RA (1992) Wet and Dry Deposition of chlorinated dioxins and Furans, Environmental Science & Technology, 26, 1375-1382.
6. 김삼권 (1999) 도시폐기물소각시설에서 다이옥신 및 전구물질의 거동에 관한 연구.